

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

124

ANNÉE 1917

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

Mendel BRUKER

Né à Radautz (Bukovine) le 6 décembre 1891

Ancien externe des Hôpitaux de Paris

Médaille de bronze de l'Assistance publique

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DES

APPLICATIONS THÉRAPEUTIQUES

DES

IONS

Président : M. CHANTEMESSE, professeur.

A. MALOINE & FILS - ÉDITEURS

27, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 27

PARIS — 1917

124

THÈSE
POUR
LE DOCTORAT EN MÉDECINE

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1917

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

Mendel BRUKER

Né à Radautz (Bukovine) le 6 décembre 1891

Ancien externe des Hôpitaux de Paris

Médaille de bronze de l'Assistance publique



CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DES

APPLICATIONS THÉRAPEUTIQUES

DES

IONS

Président : M. CHANTEMESSE, professeur.

A. MALOINÉ & FILS - ÉDITEURS

27, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 27

PARIS — 1917

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

LE DOYEN, M. LANDOUZY

ASSESEUR : G. POUCHET

PROFESSEURS

MM. :

Anatomie	NICOLAS
Physiologie	Ch. RICHET
Physique médicale.	WEISS
Chimie organique et Chimie générale.	DESGREZ
Parasitologie et Histoire naturelle médicale.	BLANCHARD
Pathologie et Thérapeutique générales.	ACHARD
Pathologie médicale	WIDAL
Pathologie chirurgicale.	TEISSIER
Anatomie pathologique.	LEJARS
Histologie	LETULLE
Opérations et appareils.	PRENANT
Pharmacologie et matière médicale	AUGUSTE BROCA
Thérapeutique	POUCHET
Hygiène	N.
Médecine légale	CHANTEMESSE
Histoire de la médecine et de la chirurgie.	N.
Pathologie expérimentale et comparée.	LETULLE
	ROGER
	DEBOVE
Clinique médicale.	N.
	GILBERT
	CHAUFFARD
	HUTINEL
Maladies des enfants.	
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	GILBERT BALLE
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.	GAUCHER
Clinique des maladies du système nerveux.	P. MARIE
	DELBET
	QUENU
Clinique chirurgicale.	N.
	HARTMANN
Clinique ophtalmologique.	DE LAPERSONNE
Clinique des maladies des voies urinaires.	LEGUEU
	BAR
Clinique d'accouchements.	COUVELAIRE
	RIBEMONT-DESSAIGNES
	POZZI
Clinique gynécologique.	KIRMISSON
Clinique chirurgicale infantile.	ALBERT ROBIN
Clinique thérapeutique.	MARFAN
Hygiène clinique de la première enfance.	

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM. :

ALGLAVE	GUILLAIN	LOEPER	ROUSSY
BERNARD	JEANNIN	MAILLARD	ROUVIERE
BRANCA	JOUSSET (A.)	MOCQUOT	SAUVAGE
BRUMPT	LABBE (H.)	MULON	SCHWARTZ (A.)
CAMUS	LAIGNEL-LAVASTINE	NICLOUX	SICARD
CASTAIGNE	LANGLOIS	NOBECOURT	TANON
CHAMPY	LECENE	OKINCZYC	TERRIEN
CHEVASSU	LEMIERRE	OMBREDANNE	TIFFENEAU
DESMAREST	LENORMANT	RATHERY	VILLARET
GOUGEROT	LEQUEUX	RETTERER	ZIMMERN
GR GOIRE	LEREBoullet	RIBIERRE	
GUENIOT	LERI	RICHAUD	

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation

A LA MEMOIRE DE MON VÉNÉRÉ PÈRE

A MES MORTS DE LA GRANDE GUERRE

A MON FRÈRE LE DOCTEUR JACQUES BRUKER

Ancien externe des Hôpitaux de Paris

Ancien interne à l'Hôpital de Rothschild

Licencié ès-Sciences

Médecin aide-major de 2^e classe au 272^e d'infanterie

Tué en Champagne le 10 octobre 1915

A MON COUSIN JACQUES BRUKER

Soldat au 119^e d'infanterie

Tué en Champagne le 31 octobre 1914

A MON COUSIN JOSEPH MERLAUB

Engagé volontaire au 1^{er} Etranger

Tué en Champagne le 17 avril 1917

A MA MÈRE

*En témoignage de mon respect et
de mon amour filial profond.*

A MON FRÈRE ET A MA SŒUR

A MES PARENTS ET AMIS

A MADAME D. BLOCH

A NOS MAÎTRES DANS LES HOPITAUX

M. LE DOCTEUR L. PICQUÉ
Chirurgien de l'Hôpital Lariboisière

M. LE DOCTEUR FLORAND
Médecin de l'Hôpital Lariboisière

M. LE DOCTEUR BAUDET
Chirurgien de l'Hôpital Saint-Louis

M. LE DOCTEUR THIBIERGE
Médecin de l'Hôpital Saint-Louis

M. LE DOCTEUR POTOCKI
Médecin de la Maternité de l'Hôpital Saint-Antoine

M. LE PROFESSEUR AGRÉGÉ GRÉGOIRE
Chirurgien des Hôpitaux

MM. LES DOCTEURS LEMAIRE ET EUGÈNE BLOCH

A M. LE DOCTEUR SIREDEY
Médecin de l'Hôpital Saint-Antoine.

*Nous adressons nos respectueux
remerciements pour l'enseignement
que nous avons reçu et pour les
conseils paternels qu'il nous a pro-
digés dans des moments difficiles.*

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR CHANTEMESSE

Professeur d'Hygiène
Membre de l'Académie de Médecine
Médecin de l'Hôtel-Dieu
Commandeur de la Légion d'Honneur

*Nous adressons notre vive
reconnaissance pour le très
grand honneur qu'il nous a
fait en acceptant la présidence
de notre thèse.*

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DES

Applications thérapeutiques des Ions

INTRODUCTION

L'idée d'introduire des médicaments dans l'organisme, à travers la peau, grâce au courant électrique, est certes fort ancienne. Mais si elle est déjà nettement exprimée dans les écrits des électriciens du XVIII^e siècle, ce n'est que par des travaux tout à fait récents que cette méthode thérapeutique a été vulgarisée. Les applications nombreuses dont elle a été l'objet sont dues à la possibilité où l'on est de substituer suivant le desideratum formulé par Bouchard au *Congrès international de médecine du Caire*, des traitements locaux aux traitements généraux, de porter dans une région localisée la médication appropriée.

Et comme c'est au traitement de désordres locaux que cette médication est spécialement destinée, on peut ainsi, sans exposer tous les organes et tous les appareils aux effets d'une imprégnation médicamenteuse qui leur est pour le moins inutile, faire absorber par la partie malade une quantité relativement considérable de médicaments.

On a voulu opposer à cette méthode les applications externes et les injections sous-cutanées. On sait cepen-

dant que pour ce qui est des premières, la quantité de matière absorbée à travers les téguments est en général très minime; l'épiderme intact et sain n'est-il pas, en effet, une barrière protectrice pour l'organisme et sa structure n'est-elle pas adaptée à un rôle de défense : « rôle de défense contre les variations de température, rôle de défense contre les parasites, rôle de défense enfin contre les médicaments et les poisons? » (A. RICHAUD).

En outre, par son entraînement dans les canaux lymphatiques, cette portion de matière absorbée, souvent insignifiante, se trouve rapidement dispersée dans l'organisme.

Cette dispersion a lieu aussi dans le cas des injections sous-cutanées.

L'introduction électrolytique des médicaments a, sur leur ingestion ou leur incorporation à des pommades, l'avantage de permettre la connaissance exacte de la dose absorbée, sur les injections hypodermiques, celui de limiter leur action à l'endroit de leur pénétration, de les introduire sans effraction de la peau, c'est-à-dire sans douleur.

De par son mode de progression, cette méthode constitue donc une arme nouvelle entre les mains du médecin, puisqu'elle fait pénétrer le médicament voulu jusque dans le protoplasma des cellules pour le substituer aux éléments correspondants des tissus malades.

Les applications thérapeutiques auxquelles cette médication a donné lieu sont nombreuses et importantes, malgré qu'à l'heure actuelle, on ne connaisse que les propriétés d'un très petit nombre d'ions seulement.

A mesure que s'étendront les connaissances de leurs propriétés intimes, cette thérapeutique se généralisera et avec C. Sarazin, « nous pouvons nourrir l'espoir que

cette méthode, actuellement d'exception, se substituera progressivement à la thérapeutique ancienne pour devenir elle-même le procédé courant » et pratique.

Nous nous proposons dans ces modestes pages, de tenter une revue générale des ions jusqu'ici employés et de grouper les résultats acquis.

Mais avant d'entrer dans le domaine de la thérapeutique électrolytique, il ne sera pas inutile de donner quelques indications sur la théorie des ions, sur le mécanisme de leur introduction dans l'organisme, de faire l'historique de l'introduction électrolytique des médicaments et d'en indiquer le matériel et la technique générale.

Nous avons mis surtout à contribution les travaux de Leduc, de Sourdeau, de Brillouët, de Delherm, de Desfosses et Martinet, de Lewis Jones et de Sarazin, et si ces pages ont quelque intérêt, c'est à eux que nous le devons.



PREMIÈRE PARTIE



THEORIE DES IONS

On sait que dans les dissolutions où il n'entre ni acides, ni bases, ni sels, *la pression osmotique, l'abaissement du point de congélation du solvant, l'élévation de la température d'ébullition, sont proportionnels au nombre des molécules du corps dissous contenues dans un litre de solution*, et qu'il n'en est plus de même quand il s'agit de solutions salines, acides ou basiques : prenons un liquide contenant par litre N molécules d'une de ces trois substances, nous voyons que ces trois grandeurs : pression osmotique, abaissement du point de congélation, élévation de la température d'ébullition, ne sont *pas proportionnelles à N* , mais *sont toutes facteurs d'un même nombre N' supérieur à N* . Tout se passe donc comme si le nombre des molécules dissoutes réellement se trouvait augmenté, N' atteignant, dans les conditions les plus favorables, une valeur double de N . De là l'hypothèse d'*Arrhénius* sur la dissociation d'une partie (ou quelquefois de la totalité) de ces N molécules, chacune en deux fragments. Ces fragments sont, ou des atomes simples (Na et Cl si on opère sur le chlorure de sodium) ou des radicaux (So^+ et AzH^+ si l'expérience porte sur du sulfate d'ammoniaque). Le degré de cette décomposition varie avec la concentration du produit et augmente à mesure qu'on étend la solution.

Or, lorsque l'on considère une solution dans laquelle l'étude du point cryoscopique ou de la tension osmotique a montré la présence d'atomes libres ou de radicaux libres, — ces derniers se comportent absolument comme des atomes — on est étonné de voir que ces fragments de la désagrégation de la molécule séjournent

dans la dissolution sans manifester leurs propriétés chimiques respectives (si la solution contient du Cl ou du Na on ne perçoit aucune odeur indiquant la libération du chlore, on ne voit aucune trace de sodium, perceptible aux sens) et sans aucune tendance à la recombinaison, ni à des atomes de même nom, ni à des atomes de noms différents.

Ces atomes (ou ces radicaux), libérés par la dissociation des molécules. (ce qui explique l'augmentation apparente de leur nombre), ne se manifestent pas par les caractères habituels des corps auxquels ils appartiennent : ils n'ont pas leurs propriétés chimiques et physiques. On les appelle *ions*.

Ces ions — qu'ils soient atomes simples ou radicaux — sont stables, tant que la composition chimique de la solution se maintient constante, et quelle que soit la quantité de sel dissoute. (Dans le cas du sulfate de cuivre, on n'aura jamais que Cu et So^4 et jamais S ne se séparera de O⁴. Dans le cas du sulfate neutre de potasse, on aura toujours So^4 et K³).

Ajoutons qu'un ion peut se comporter tout à fait différemment, suivant qu'il provient d'une molécule ou d'une autre. Par exemple, le chlore précipite les sels d'argent; si l'on dissout du NaCl, on aura Cl et Na et les sels d'argent seront précipités par Cl. Si au contraire, on dissout du chlorate de potasse, la dissociation se faisant en un ion K et un ion ClO^3 qui ne jouit pas des propriétés du chlore, le sel d'argent ne sera pas précipité. Les ions peuvent donc avoir un certain degré de complexité.

En résumé, l'ionisation sépare le corps composé en un plus ou moins grand nombre d'ions, mais pour chaque corps, les ions sont seulement de deux sortes. Le travail de l'ionisation ne va pas au delà d'une séparation en deux espèces différentes, quel que soit le nombre d'ions et quel que soit le nombre d'atomes de chacun de ces ions s'ils sont complexes (radicaux).

Cette dissociation moléculaire permet à l'énergie électrique de se transporter : seules les solutions contenant des *acides, des composés binaires métalliques, des sels,*

livrent passage au courant; on les appelle des *électrolytes*. (Les solutions de sucres, d'albuminoïdes, de glycérides, ne sont pas des électrolytes : elles ne sont donc pas conductrices). Or le passage du courant dans une solution d'un électrolyte est impossible sans décomposition de ce corps, *sans électrolyse*.

On a été ainsi amené à considérer :

- a) les *sels*, comme formés d'un radical acide R et d'un radical métallique M
- b) les *acides*, comme des sels dont le radical métallique est l'hydrogène H
- c) les *bases*, comme des sels dont le radical acide est l'oxydure O H

On a donc comme symboles schématiques :

- a) Pour les sels : R. M.
- b) Pour les acides R. H.
- c) Pour les bases OH. M.

Ainsi :

			Cathions	Anions
L'iodure de potassium.....	KI	donne	$\begin{matrix} + \\ K \end{matrix}$	$\begin{matrix} - \\ I \end{matrix}$
La potasse.....	KOH		$\begin{matrix} + \\ K \end{matrix}$	$\begin{matrix} - \\ OH \end{matrix}$
Le chlorhydrate d'ammoniaque } AzH ³ HCl	ou } Chlorure d'ammonium... }	AzH ⁴ Cl	$\begin{matrix} + \\ AzH^4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} - \\ Cl \end{matrix}$
Le chlorhydrate (monô) de quinine } C ²⁰ H ²¹ Az ² O ² HCl	ou } C ²⁰ H ²¹ Az ² O ² Cl		$\begin{matrix} + \\ C^{20}H^{21}Az^2O^2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} - \\ Cl \end{matrix}$
L'acide azotique ou azotate d'H.....	AzO ³ H		$\begin{matrix} + \\ H \end{matrix}$	$\begin{matrix} - \\ AzO^3 \end{matrix}$
L'acide sulfurique ou sulfate d'H.....	SO ⁴ H ²		$\begin{matrix} + \\ H^2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} - \\ SO^4 \end{matrix}$

Ces radicaux sont caractérisés par un état d'électrisation spéciale : les uns sont chargés d'électricité positive, les autres portent de l'électricité négative et ainsi ils se divisent en deux catégories. Les molécules non dissociées sont électriquement neutres.

Dès lors, établissons entre deux points de la solution, (entre deux électrodes conductrices, en rapport chacune avec l'un des pôles d'une pile et plongeant dans un élec-

trolyte) une différence de potentiel : l'électrolyte sera décomposé en ses parties constitutives ou radicaux.

Les radicaux acides et OH se rassembleront autour du pôle positif ou *anode*, les radicaux métalliques et H vont se rassembler autour du pôle négatif ou *cathode*. Et d'après les lois des attractions électriques, les particules négatives, repoussées par l'électrode négative se dirigeront vers le point établi au plus grand potentiel, les particules positives attirées par l'électrode négative se dirigeront vers le point du plus petit potentiel.

Dans ces conditions, les éléments de la dissociation des électrolytes sont essentiellement mobiles et ainsi se trouve justifiée l'expression d'*ions*, employée par Faraday pour les caractériser (*ión* = celui qui va, voyageur).

Il s'établit ainsi un double courant des ions : les ions négativement électrisés se dirigent vers l'anode; on les appelle pour cette raison : *anions*; les ions porteurs de charges positives se rendent à la cathode, d'où le nom de *cathions* qui leur est réservé.

On peut citer parmi les anions : le chlore et les éléments halogènes, les radicaux acides; parmi les cathions : les ions métalliques, les radicaux basiques, dans le cas de sels ammoniacaux ou d'alcaloïdes.

Arrivés au contact des électrodes, ces ions perdent leurs charges électriques en centralisant des charges égales et contraires d'électricité produites par le générateur de courant. Ils reprennent ainsi leurs propriétés spécifiques : d'ions, en état d'électrisation spéciale, ils passent à l'état neutre pour redevenir atomes.

Ce double mouvement des ions constitue en quelque sorte le courant électrique à l'intérieur du liquide, car le courant ne peut exister sans l'apparition des éléments aux électrodes et on ne peut constater ce double fait : décomposition visible de l'électrolyte et passage du courant, que si la solution est au préalable dissociée ou *ionisée*.

D'après les lois de Faraday, des masses ioniques équivalentes chimiquement apparaissent en même temps aux deux électrodes et apportent des charges électriques égales en valeur absolue ou mieux, chaque valence

transporte la même quantité d'électricité, soit de 96.500 coulombs par ion monovalent exprimé en grammes.

Ainsi, par exemple, la mise en liberté à la cathode de 35.5 grammes de chlore monovalent est accompagnée d'un apport de — 96.500 coulombs, tandis que l'apparition de $(SO') = 96$ grammes au même pôle, correspond à une quantité d'électricité de — 2×96.500 coulombs.

Inversement, il est facile de calculer le nombre d'équivalents, et, par suite, le nombre de grammes d'une substance transportée par une quantité d'électricité $Q=It$. On donne le nom d'*équivalent électrochimique* e au poids de chaque substance transportée par un coulomb. (L'équivalent électrochimique se détermine en divisant le poids atomique par la valence.)

Ayant mesuré l'intensité I du courant, le temps t pendant lequel il est passé, le produit Ite donne le poids de la substance transportée.



MÉCANISME DE L'INTRODUCTION ÉLECTROLYTIQUE DES IONS

Le corps humain lui-même, en raison de sa teneur en chlorure de sodium (5 grammes par litre), est considéré comme un électrolyte, ou plus exactement, comme une série de milieux électrolytiques contigus; il ne s'oppose donc pas à un déplacement des ions et par suite au passage du courant électrique.

En effet, la dilution saline de divers liquides de l'organisme est telle que la dissociation ou l'ionisation doit y être presque complète. Il suffit donc, pour obtenir ce résultat, d'établir une différence de potentiel entre deux points du corps. Les déplacements des ions et le courant s'établissent, conformément aux lois de la propagation de l'électricité, entre les deux points choisis.

Nous avons en nous déplaçant dans le sens des potentiels décroissants :

Electrode positive (anode)	Corps humain	Electrode négative (cathode)
-------------------------------	--------------	---------------------------------

Dès lors cet ensemble de corps électrolytiques qu'est l'organisme se trouve parcouru par les deux sortes d'ions :

1° Les cations descendent le courant →

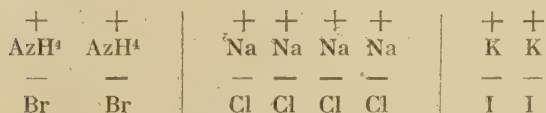
2° Les anions remontent ce même courant ←

Comme conséquence, nous aurons des modifications dans l'intimité même des tissus.

Imaginons, en effet, une série de différentes solutions électrolytiques, ne précipitant pas les unes par les autres et, séparées seulement par des cloisons poreuses : trois

solutions de bromure d'ammonium, de chlorure de sodium et d'iodure de potassium, par exemple.

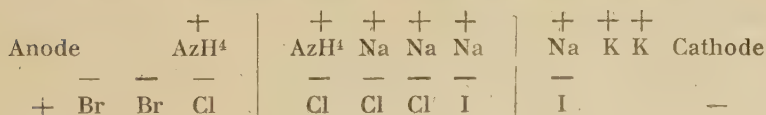
Représentons-les de la façon suivante :



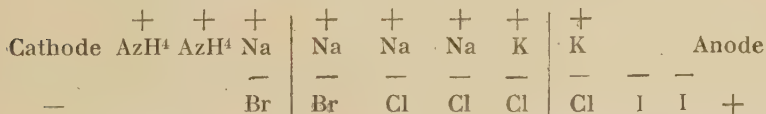
Etablissons une différence de potentiel entre les deux solutions extrêmes de la série.

Tous les cations avancent vers la cathode, les anions vers l'anode. Il en résulte des modifications dans la constitution des trois solutions et elles diffèrent suivant le sens du courant.

Si l'anode plonge dans le bromure, nous aurons :



et si c'est la cathode :



Dans les deux cas, la solution qui est entre les autres a reçu les cations de la solution où plonge l'anode et en échange lui a cédé des anions; elle a reçu en outre les anions de la 3^e solution, celle où plonge la cathode, et en échange lui a cédé des cations.

Si, dans les schémas précédents, nous considérons la solution de NaCl comme représentant le corps humain, les deux autres solutions électrolytiques étant appliquées en deux points différents du corps, nous devons obtenir, par suite du double courant des ions entre l'anode et la cathode métalliques, des échanges ioniques aux surfaces de séparation du corps et des électrolytes, c'est-à-dire à travers la peau.

Il s'ensuit donc :

1° *Du côté de l'anode*, que :

a) Les cathions de l'anode pénètrent dans le corps, prenant ainsi la place des cathions des tissus, lesquels obéissant au mouvement général des ions de leur espèce progressent vers la sortie du courant :

b) Les anions du corps sortent des tissus, remplacés qu'ils sont dans ces tissus par les anions les plus éloignés de l'anode et qui se dirigent vers cette électrode. Ces anions sortants sont pour une grande partie formés d'ions-sodium.

Il en résulte donc, comme phénomène intéressant dans les tissus avoisinant l'anode, tissus que nous supposons homogènes, pour simplifier l'explication, la substitution au sodium, métal normal des tissus d'un métal différent, celui du sel qui imprègne l'électrode.

2° *Du côté de la cathode*, nous avons :

a) Sortie des cathions du corps remplacés dans les tissus par les cathions de tissus voisins (et par conséquent, supposons-le, de même nature).

b) Entrée des anions de la cathode chassant devant eux les anions existants lesquels vont se porter dans les milieux voisins.

Et en résumé, près de la cathode, si le métal normal des tissus n'est pas changé, l'acide engagé dans les composés salins normaux est remplacé par l'acide du sel qui imbibe l'électrode.

Voilà donc bien réalisée l'*introduction des médicaments par l'électrolyse* ou, pour parler plus exactement le remplacement de composés normaux par d'autres substances : donc les actions sur les tissus peuvent être mises à profit.

En pratique, comme on n'aura pas à introduire simultanément dans un but thérapeutique des anions et des cathions, on emploiera toujours, pour en faire une des

solutions électrolytiques, du NaCl : ce sera la solution indifférente.

L'autre solution contiendra l'ion à introduire :

1° Si nous voulons utiliser les propriétés des sels d'un *métal* donné, d'une *base* ou d'un *alcaloïde*, nous opérerons au *pôle positif (anode)* en employant des électrodes chargées d'un sel convenable de ce métal, de cette base, de cet alcaloïde (ions cathions : quinine, cocaïne, morphine, codéine, pilocarpine, zinc, lithium, mercure, etc...)

2° Pour nous servir des propriétés communiquées aux sels par un *acide* ou un *halogène* voulu, nous mettrons à la *cathode* le sel de sodium (ordinairement) de cet acide ou de cet halogène (ions anions : iode, brome, salicylique, arsénique, arsénieux, cacodylique, phosphore, phosphoreux, phosphorique, etc...).





HISTORIQUE DE L'INTRODUCTION ÉLECTROLYTIQUE DES MÉDICAMENTS

Les premiers essais d'introduction électrolytique des médicaments remontent à l'apparition des premiers appareils utilisés en électrothérapie.

Au XVIII^e siècle, la machine statique était le seul instrument que l'on eût en mains, et dès ce moment (1750) plusieurs physiciens, dont l'ABBÉ NOLLET, PRIVATI, de Venise, BIANCHI, de Turin, etc., étudièrent le pouvoir attribué à l'effluve électrique d'entraîner la matière d'où elle jaillit, pour la transporter dans les tissus.

La découverte de la pile permit à ROSSI (1802) d'introduire du mercure dans l'économie, grâce au courant voltaïque.

Après les travaux de FARADAY sur l'électrolyse en 1833, commencèrent les véritables applications thérapeutiques, mais seulement à titre d'essai et sans la connaissance exacte du phénomène.

Pour la première fois, FABRE-PALAPRET chercha à montrer que l'absorption cutanée déterminée par les applications était due au passage du courant et non à une simple imbibition par contact; il introduisit de l'iode dans les tissus par le courant.

En 1846, KLEINKE traita la scrofule par l'introduction électrolytique de l'iodure de potassium, HASSENSTEIN, en 1853, la syphilis par le mercure.

Dès 1859, BENJAMIN WARD RICHARDSON chercha à produire l'anesthésie locale à l'aide d'une solution de morphine placée au pôle positif, d'une teinture d'aconit, d'extrait d'aconit et de chloroforme.

KUNK, vers la même époque, arriva à tétaniser un lapin, après application sur les téguments d'une électrode positive imprégnée d'une solution de strychnine.

En 1860, paraît la traduction du livre de REMARK sur la galvanothérapie, où l'auteur, sans rien préciser de clair sur le mode d'action, préconise comme très efficace l'emploi du courant galvanique dans les « rhumatismes articulaires, les inflammations articulaires subaiguës et chroniques, traumatiques ou rhumatismales »; il pensait, par l'emploi judicieux du courant continu, « accélérer dans les tissus l'écoulement des liquides ».

Plus tard, en 1870, BRUNS reprit la question de la pénétration de l'iode et démontra le passage de cet élément dans les urines.

Nous pouvons citer encore par ordre chronologique : BEER, de Vienne, en 1869, GROB, d'Olmütz (1871), lequel a mentionné de nombreux cas d'épithélioma traités par des anodes de zinc; NEFTEL, en 1873, pratique l'électrolyse du cancer; MUNK, la même année, fait provoquer, chez le lapin, des convulsions caractéristiques par l'introduction de l'ion strychnine; signalons enfin les travaux d'ERB en 1884.

D'assez remarquables travaux de BOURGET, SOBIERNOSKI, MESNIL, HUGUET, PERSONALI, LEWANDOWSKI sont à citer également.

LAURET en 1885, confirme les résultats antérieurs et conclut que l'absorption des substances est un fait indiscutable, mais que les doses absorbées sont faibles.

BRONDEL, d'Alger, vers la même époque, par le mot *diélectrolyse* donne un terme assez précis pour indiquer que la pénétration d'un milieu dans un autre est due à l'électricité.

En 1886, WAGNER et CORNING tentent l'anesthésie par la cocaïne. HERZOG applique la même médication au traitement de l'urticaire.

En 1887, REYNOLDS, de Chicago, et ADAMKIEWICZ, avec le chloroforme, prétendent obtenir une anesthésie graduelle avec disparition de la douleur dans des névralgies rebelles.

En 1888, CHÉRON et GEVAERT soignent les teignes par

le sublimé; BOCCALARI et MANZIERRI (de Modène) intoxiquent des lapins par la pénétration de la strychnine.

La cocaïne, l'aconitine, l'iode, le mercure, des parcelles de graphite, de noir de fumée sont introduits dans la peau par d'autres expérimentateurs (PETERSON, SCHROEBER et ALBRAN, G. GARTNER et ERKMANN, KROHFELD, ERB, MARTON, etc...)

A une époque plus rapprochée (1890-1897) nous citons les travaux de : FOVEAU DE COURMELLES sur la Biélectrolyse, d'EDISON et après lui de LABATUT, JOURDANET et PORTE, GUILLOZ, BORDIER, LEUILLIEUX sur l'introduction électrolytique du lithium comme traitement de la goutte; d'AUBERT sur la pénétration de la pilocarpine; de HUNTER et GUIRE sur le traitement du goître et de l'orchite chronique par l'iode; de SUDNIK sur celui des tubercules locales par le chlorure de zinc.

En 1897, SIMON FUBINI et PIERRE PIERINI, de PISE, introduisent dans l'organisme : la santonine, le lithium, la quinine, l'atropine, l'acide salicylique, la strychnine.

Mais c'est surtout le professeur STÉPHANE LEDUC, de Nantes, qui a appelé l'attention sur ce procédé thérapeutique et qui l'a appliqué dans un nombre considérable de cas (1900-1907).

Dès lors les applications thérapeutiques se généralisent, les observations se multiplient; de nombreux médecins utilisent avec succès le nouveau mode de traitement.

Nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer aux bibliographies qui accompagnent les thèses de BRILLOUET (Paris, 1907), de SOURDEAU (Paris, 1908), de CHASSARY (Montpellier, 1909). A la fin de notre travail, on trouvera une bibliographie aussi complète que possible des travaux publiés de 1908 à nos jours.





MATÉRIEL ET TECHNIQUE DE L'INTRODUCTION ÉLECTROLYTIQUE DES MÉDICAMENTS

1. — MATÉRIEL ÉLECTRIQUE et ACCESSOIRES

L'introduction des ions dans l'organisme ne nécessite pas un outillage très compliqué.

Il suffit de disposer d'un courant électrique convenable dont l'intensité puisse être réglée et mesurée à volonté, de fils conducteurs et d'électrodes particulières.

A. — Source de courant.

Elle peut être :

1° UNE BATTERIE DE 30 PILES LECLANCHÉ, montées en tension, qui donne 45 volts et 100 milliampères.

2° UNE BATTERIE DE 25 à 30 ACCUMULATEURS, accouplés en série, qui donne 50 à 60 volts.

3° UN COURANT INDUSTRIEL (secteur de ville à courant continu).

Le courant urbain est la source qui doit être préférée. Sa tension est très constante (110 ou 220 volts) et les ennuis des piles et des accumulateurs sont écartés : remplissage ou recurage, remplacement des électrodes, suppression d'acides ou de produits chimiques qui finissent par détériorer les parties métalliques des appareils. Outre la commodité d'avoir un appareil toujours prêt à fonctionner, la dépense est insignifiante et les appareils nécessaires à son utilisation n'ont jamais besoin de réparations.

B. — Appareils de graduation.

Le courant ne doit être introduit dans le circuit que graduellement, l'accroissement inégal ou trop rapide est en effet douloureusement ressenti par le malade à cause de la faible résistance du corps.

Ce but est atteint par l'emploi

1° de RHÉOSTAT.

2° de RÉDUCTEUR DE POTENTIEL.

Quand on utilise un *rhéostat*, la force électromotrice restant invariable, le courant doit traverser une spirale de fil métallique peu conducteur. Il y rencontre une grande résistance qui affaiblit son intensité; une manette mobile permet d'introduire dans le circuit tout ou partie de cette spirale et ainsi on fait varier à volonté le degré de résistance et par suite l'intensité du courant.

De cette façon, l'intensité s'accroît proportionnellement en vertu de :

$$I = \frac{E}{R}$$

Dans le cas de *réducteur de potentiel*, la résistance reste constante; c'est la force électro-motrice qui augmente progressivement. Ce dernier instrument est préférable au premier : son fonctionnement est plus simple et plus régulier. Il est d'ailleurs indispensable quand on fait des applications sur la tête ou que l'on utilise les courants urbains, dont le voltage est beaucoup trop élevé. Un réducteur construit pour 110 volts peut être employé sur 220 volts en mettant en série une lampe à incandescence de 110 volts.

C. — Appareils de mesure.

Aussi indispensable est un

GALVANOMÈTRE,

qui fera connaître à tout instant l'intensité du courant qui traversera le patient et permettra de déduire de la

connaissance des intensités la quantité introduite du médicament.

L'instrument est branché avant les renverseurs, (les renverseurs sont des appareils destinés à changer le sens du courant sans déplacer les électrodes appliquées sur le malade), de telle sorte que le courant qui les traverse a toujours la même direction, ce qui a l'avantage de supprimer les mouvements de l'aiguille indicatrice lors du renversement du courant.

Le galvanomètre doit être *apériodique*, c'est-à-dire construit de façon que l'aiguille passe d'une division à l'autre graduellement et sans oscillation, et être divisé en milliampères.

Il est important que le galvanomètre puisse servir à mesurer aisément de très faibles ou de très fortes intensités. On obtient ce résultat au moyen d'une disposition connue sous le nom de *shunt*.

Si nous supposons l'arc du galvanomètre, divisé en 100 parties, chaque centimètre pourra représenter un milliampère, quand le courant le traverse sans dérivation. Si l'on établit une dérivation (*shunt*), telle que la bobine du galvanomètre ne soit plus traversée que par un $1/10$ du courant, chaque division du cadran représentera un courant 10 fois plus fort; soit, dans ce cas, 10 milliampères.

Un milliampèremètre « bon à tout faire » comprend généralement *trois shunts* :

Pour le *premier shunt* (au $1/10$), l'aiguille se déplace de 100 divisions pour 10 milliampères. On mesure donc le dixième de milliampère (usage : épilation électrolytique).

Pour le *deuxième shunt* (au $1/100$), l'aiguille se déplace de 10 divisions pour 10 milliampères. Les 100 divisions du cadran permettent donc de mesurer 100 milliampères (usage : électrothérapie courante).

Pour le *troisième shunt* (au $1/250$), l'aiguille se déplace de 10 divisions pour 25 milliampères. Les 100 divisions correspondent donc à 250 milliampères (usage : ionothérapie).

D. — Accessoires.

Pour amener le courant aux électrodes, il est nécessaire d'avoir des

a) CONDUCTEURS.

Ce sont des fils métalliques souples, très bien isolés, maniables et longs. Du côté du générateur, il suffit de visser fortement aux deux bornes les chevilles métalliques qui terminent les fils. Pour la fixation aux électrodes, LEDUC a proposé une soudure solide à une plaque d'étain très souple. De cette façon, il n'y a pas à craindre l'arrachement ou l'ébranlement des fils, qui produirait chez le sujet des secousses extrêmement pénibles.

Il est plus simple d'avoir recours à une toile métallique et de faire en sorte qu'elle se termine par un fil de même métal. Ce fil pourra être facilement mis en contact avec le conducteur à l'aide d'une pince hémostatique, par exemple.

b) Les ÉLECTRODES sont dans l'outillage la partie la plus importante. Ce terme d' « électrode » s'applique en thérapeutique électroïonique non seulement aux plaques métalliques sur lesquelles sont soudés les fils, mais aussi par extension aux solutions électrolytiques en contact avec le corps. Ces solutions peuvent être employées sous forme de bains locaux; mais il est préférable d'en imbiber des substances spongieuses, faciles à appliquer sur les différentes parties du corps. L'ensemble formé par le bain ou la substance spongieuse imbibée de l'électrolyse et la plaque métallique constitue l'électrode.

Les plaques métalliques seront nues, c'est-à-dire dépouillées des « classiques peaux de chamois » dont on les recouvre dans le commerce. Elles sont en effet difficiles à dépouiller des ions étrangers toxiques ou non dont elles auraient pu être chargées dans les séances antérieures.

Le choix du métal acquiert une grande importance : il faut éviter l'emploi de métaux toxiques comme le plomb ou le cuivre, proscrire le platine à cause de la production d'ions nouveaux et notamment de l'ion H,

très caustique et très diffusible. Les métaux les moins attaquables, les moins oxydables et les moins toxiques sont l'aluminium ou l'étain : on les rendra encore moins producteurs d'ions étrangers, en interposant entre eux et le tégument au moins 16 épaisseurs de coton hydrophile.

Cependant quand la solution active doit produire des cathions, la plaque métallique devrait être du même métal : elle représenterait une réserve qui, en se dissolvant maintient la concentration voulue de la solution.

Les dimensions des plaques importent peu. Il sera facile, si elles sont trop grandes et si l'on veut limiter la surface d'introduction de l'ion médicamenteux, de placer directement sur la peau une feuille de taffetas gommé, substance isolante où l'on aura découpé un orifice de dimensions voulues. En général il suffit d'avoir deux plaques de 200 centimètres carrés. Dans le cas de besoin d'une électrode plus grande, il suffit d'en prendre deux, que l'on réunit au même pôle par un fil conducteur bifurqué. La surface de l'électrode indifférente seule doit être grande, car plus elle l'est, moins grande est la résistance du corps et mieux le courant est supporté au niveau de son application. On peut ainsi employer une intensité élevée et par conséquent augmenter l'action du courant au niveau de l'autre électrode, l'active.

c) La SUBSTANCE SPONGIEUSE sera du coton ou de la gaze hydrophiles; ces tissus offrent la pureté chimique désirable, épousent bien la forme des téguments et retiennent suffisamment de la solution pour former un milieu dont l'humidité est satisfaisante.

d) Les SOLUTIONS, dont on imprégnera le coton hydrophile, doivent être faites avec de l'eau aussi pure que possible, récemment distillée et conservée à l'abri de l'air.

Les solutions de sel sont en général de 1 ou 2 ou 3 0/0; leur concentration n'a aucune influence sur la quantité d'ions introduits : les effets produits ne dépendent que de la nature des ions et de l'intensité du courant.

A d'autres points de vue, la concentration n'est pas

indifférente : des solutions trop concentrées, à 1 0/0, d'acides ou de bases fortes produiraient des actions caustiques directes, sans le courant électrique.

Des solutions trop étendues augmentent la résistance des électrodes et préservent mal des ions parasites venant des plaques métalliques. Moins la solution est concentrée, plus le nombre des ions augmente : ainsi 1 molécule gramme de NaCl (58 gr. 5) dissoute dans un litre d'eau est dissociée dans la proportion de 75 0/0; dans 10.000 litres d'eau, 98 0/0 sera ionisé.

Quand on emploie un sel neutre sans action directe sur la peau, la solution sera de 1 à 5 0/0.

II. TECHNIQUE GÉNÉRALE

La technique de l'introduction médicamenteuse exige des précautions aussi minutieuses que la pratique de l'asepsie dans une opération chirurgicale.

1° On doit faire l'examen minutieux de la peau sur laquelle doit être appliquée l'électrode, et l'on doit recouvrir d'un corps isolant : collodion élastique, morceau de papier sec, toute gerçure, éraillure ou bouton de la peau, qui facilite le passage du courant en diminuant la résistance de l'épiderme et qui provoque une douleur vive immédiate avec une escharre consécutive.

2° On nettoiera et on dégraissera l'épiderme par un bon savonnage et une friction à l'éther.

3° On placera d'abord 16 épaisseurs (2 c/m.) du tissu hydrophile imprégné de la solution tiède, on posera dessus la plaque métallique, et pour éviter que la compression fasse couler le liquide sur les vêtements du malade, on entourera le tout d'une large feuille de tissu imperméable débordant largement le tissu hydrophile dans tous les sens et présentant seulement un minime orifice à travers lequel passera le fil conducteur. Enfin, on fixera le tout par des lacs ou par des bandes de

tissu élastique en ayant soin que la compression soit suffisante, sans cependant être trop forte, ce qui desséchait trop l'électrode, et uniforme en tous les points pour que le courant soit bien réparti.

4° On placera l'électrode indifférente (imbibée généralement de NaCl) en un point variable du corps, de préférence sur le dos. L'électrode active sera tantôt reliée au pôle positif, tantôt au pôle négatif du générateur, suivant la substance que l'on voudra faire pénétrer.

5° Une fois les électrodes en place, on commence la séance, en ayant soin d'élever l'intensité progressivement et lentement en tenant compte de la sensibilité du sujet, l'œil fixé sur le galvanomètre.

6° Si le malade accuse une douleur très nette en un point, non en rapport avec l'intensité, on suspendra l'application et on examinera l'épiderme (solutions de continuité) et l'électrode (inégalité d'épaisseur).

7° On évitera les augmentations brusques d'intensité et les secousses.

8° Une fois l'intensité désirée obtenue, (aller au maximum que pourra supporter le malade : 60, 80, 100 mA, suivant la taille des électrodes; plus il y a de milliampères mis en œuvre plus il y a d'ions cata ou anaphoriques) on laissera le courant passer en surveillant toujours le galvanomètre, car il peut arriver que, la résistance diminuant par suite du passage du courant, l'intensité monte d'elle-même à une dose trop élevée; on habituera le malade à distinguer la sensation de picotement et de chaleur, qui est normale durant la séance, d'une sensation de brûlure qui indiquerait ou que l'intensité est trop élevée pour l'intégrité de l'épiderme, ou qu'il s'est produit un accident soit du côté de la peau du malade, soit du côté de l'électrode.

9° Le temps voulu écoulé (en général la séance durera de 30 à 45 minutes), on diminuera l'intensité avec la plus grande douceur pour revenir au zéro du milliampère-mètre.

10° Les séances doivent avoir lieu trois fois par semaine, avec des intervalles de repos d'une huitaine dans les traitements très longs.

**

Quand on voudra donner des

BAINS ÉLECTROLYTIQUES,

on devra se servir de cuvettes en substances incapables d'être attaquées par les produits d'électrolyse et de fournir des ions (émail, porcelaine, etc.)

Elles devront être soigneusement nettoyées, puis rincées minutieusement à l'eau distillée entre chaque application, de façon à ne pas contenir de traces d'un ancien bain quand on désirera se servir d'une nouvelle substance.

Les plaques conductrices destinées à amener le courant dans l'eau du bain devront être pour l'anode du même métal que celui du sel en solution et pour la cathode d'un métal propre, non recouvert, par des séances antérieures, d'un dépôt salin, toujours pour éviter la dissolution des substances étrangères et la formation de nouveaux ions. Mais il sera plus commode, dans la plupart des cas, de se servir de plaques de charbon de corne; seulement le charbon à cause de sa porosité, se chargeant facilement des substances dissoutes avec lesquelles il s'est trouvé en contact, il faudra avoir soin :

1° de laisser ces plaques tremper dans l'eau distillée entre les séances;

2° de se servir toujours de la même plaque pour le pôle positif et de la même plaque pour le pôle négatif, afin que les anions dont la première peut rester imprégnée malgré les lavages à l'eau distillée et que les cations que peut contenir la seconde malgré ces mêmes lavages n'aient pas tendance à abandonner la plaque où ils sont.



DEUXIEME PARTIE

Revue générale des principaux lons



ION SALICYLIQUE

L'ion salicylique est actuellement un des ions les plus employés.

Le salicylate de soude ($C^7H^5O^2Na$) est dédoublé par le courant galvanique en un ion positif Na et en un ion négatif $C^7H^5O^2$ qui constitue l'ion salicylique. Cet ion salicylique négatif pénétrera dans l'organisme comme tous les radicaux acides, sous l'électrode négative. C'est donc, dans ce cas, l'électrode négative qui sera l'électrode active.

— Il est intéressant de calculer approximativement la quantité d'ion salicylique introduite dans l'organisme par le courant électrique.

On sait qu'un ampère-heure décompose — d'un équivalent

gramme électro-chimique quelconque et qu'il y a proportionnalité entre la quantité d'électricité ayant parcouru un électrolyte et la somme des produits décomposés pendant ladite électrolyse.

Si donc on fait une application d'une demi-heure à 80 mA, on fera passer $80 \text{ mA} \times 1/2 = 40 \text{ m. ampères}$

$\frac{1}{25}$ heures = $\frac{1}{25}$ ampère-heure qui décomposent :

$$\frac{1}{25} \times \frac{1}{27} = \frac{1}{675}$$

d'équivalent gramme électro-chimique.

Le $C^7H^5O^2Na$ étant univalent, son équivalent gramme électrochimique est $7 \times 12 + 5 + 16 \times 3 + 23 = 160$, l'ap-

plication précitée décomposera :

160

—= 0 gr. 23 de salicylate de soude

675

qui sera introduit au maximum sous l'électrode négative.

— Le titre de la solution sera de 2 à 4 0/0. On n'élèvera que très lentement la tension et l'intensité; il faudra 5 à 10 minutes pour arriver à l'intensité maxima.

La durée des applications sera de 20 à 40 minutes.

L'intensité de 50 à 100 mA pour des électrodes de 100 cm².

L'ion salicylique est un des mieux tolérés par la peau. Son application s'accompagne en général de *picotements* et de *démangeaisons*. Sous une cathode de salicylate de soude, le passage d'un courant de 2 mA par centimètre carré d'électrode, pendant dix minutes, produit une réaction à peine marquée : une légère cautérisation de chaque orifice glandulaire; il se forme de petites pellicules qui desquament après quinze jours. De plus, l'ion salicyle ne produit aucun changement de la sensibilité normale. Une éruption d'*urticaire* peut survenir, elle disparaît en 24 heures.

L'ion salicylique a des propriétés *analgésiantes* et *sclérolysantes*. Les cas dans lesquels il s'est montré utile sont les suivants :

A. Névrites et Névralgies.

a) du trijumeau : Tic douloureux de la face.

Technique. — Recouvrir le siège de la douleur — toute une moitié de la face et de la tête — avec une compresse d'un tissu de coton hydrophile, pliée en 16 épaisseurs et imprégnée d'une solution à 2 0/0 de salicylate de soude. Appliquer sur cette compresse une plaque d'étain, en rapport avec le pôle négatif du générateur et fixer avec un bandeau.

Appliquer l'anode à un endroit quelconque du corps.

Monter lentement et progressivement jusqu'à 20—40 mA suivant la sensibilité du malade et lais-

ser passer le courant avec l'intensité maxima pendant 30 à 60 minutes.

Cesser le courant lentement et graduellement pour éviter le vertige.

Renouveler les séances trois fois par semaine.

Les *Résultats* sont remarquables.

b) du grand nerf occipital, fémoro-cutané, plexus brachial, sciatique.

Les applications doivent être très prolongées et très intenses.

c) Névralgies : intercostales, rénales, vésicales, urétrales, vaginales, etc...

d) Paralysie du facial, d'origine rhumatismale à sa place initiale.

c) Plaies enflammées douloureuses.

B. Affections douloureuses des tissus musculaire et conjonctif.

a) Lumbago.

b) Myalgies.

c) Rhumatisme (aigu ou chronique).

d) Spondylite déformante.

e) Synovites.

f) Adipose douloureuse de Dercum.

C. Affections Articulaires.

a) Goutte (subaiguë et chronique).

b) Arthrites rhumatismales.

Technique. — L'application est différente suivant que l'arthrite siège aux extrémités ou à une autre région de l'organisme.

Lorsque le poignet, la main, le cou-de-pied sont malades, il faut les placer dans un maniluve ou un pédiluve (tôle émaillée) dans lequel on versera la solution. Une électrode (en charbon), reliée au pôle négatif, est immergée dans le bain.

Une grande électrode est placée aux lombes ou au dos.

Lorsque le rhumatisme est localisé à la colonne vertébrale, à l'épaule, aux genoux, etc., appliquer directement sur l'articulation douloureuse une épaisse couche de tissu hydrophile imbibée de la solution.

L'autre pôle doit être situé de manière que l'organe soit traversé autant que possible par les lignes de flux.

L'intensité est variable, suivant la réaction des sujets, la grandeur des électrodes, l'étendue de la région.

Résultats. — Le traitement est d'autant plus satisfaisant qu'il a été institué à une période plus rapprochée du début de l'affection.

- c) **Arthrites blennorrhagiques** (aiguës ou ankylosantes).

D. Affections Cérébrales.

Précautions. — Eviter toute variation rapide de l'intensité du courant et appliquer le courant bien symétriquement aux deux lobes du cerveau : donner au courant une direction antéro-postérieure, les deux hémisphères seront toujours ainsi également influencés.

Technique. — Appliquer sur le front (-) 16 épaisseurs du tissu de coton hydrophile imprégné de la solution électrolytique; par-dessus, la plaque d'étain souple dont le cordon est bien soudé; fixer à l'aide d'un bandeau autour de la tête.

L'autre électrode (+) constituée de la même manière, est placée symétriquement sur la nuque ou le dos.

Elever peu à peu l'intensité du courant : le malade ou la débileur cesseront dès que l'intensité sera devenue invariable. (Prendre la précaution d'asseoir le malade sur une chaise à dossier renversable, en cas de syncope.)

- a) **Neurasthénie.**

Technique. — Intensité de 10-20 mA.

Durée : 1/2 heure.

Séance : 2-3 fois par semaine.

Résultat. — L'idéation devient plus claire.

- b) **Céphalée spécifique.**

c) **Hémiplégie** (par hémorragie cérébrale ou par embolie).

L'intensité doit être élevée à 30-40 mA.

Résultats. — Les améliorations sont manifestes : l'idéation est plus facile, les mouvements améliorés, la force musculaire augmentée, et cela d'autant plus qu'on aura joint au traitement une excitation convenable de tous les muscles paralysés.

E. Affections Oculaires.

Episclérite (goutteuse et rhumatismale).

L'amélioration est notable.

*
**

Les applications de l'action sclérolysante de l'ion salicylique sont les mêmes que celles de l'ion Cl. (Voir pages 52 à 54).





ION ZINC

L'ion zinc est après l'ion salicylique celui qui a été le plus utilisé. Alors que ce dernier est surtout réservé aux *applications médicales*, l'ion zinc est réservé aux *applications chirurgicales*.

C'est le chlorure de zinc que l'on a surtout employé. Le courant galvanique le dédouble en un ion négatif Cl^- et en un ion positif Zn qui constitue l'ion zinc. Cet ion zinc positif pénétrera dans l'organisme comme tous les métaux, sous l'électrode positive. C'est donc, dans ce cas, l'électrode positive qui sera l'électrode active.

L'ion zinc exerce une action *coagulante* sur les matières albuminoïdes : on obtient en effet un coagulum compact et adhérent autour d'une anode de zinc, si on la plonge, soit dans du sérum soit dans de l'albumine de l'œuf. Il est donc capable de détruire et de provoquer l'élimination des tissus d'un foyer morbide, comme d'arrêter les hémorragies (pouvoir *hémostatique*).

A cette action coagulante, s'ajoute un pouvoir *désinfectant*. Des microorganismes, ensemencés sur des tubes de gélose, soumis à l'action de l'ion zinc, ne se développent pas. L'intensité de l'action croît avec le temps, l'intensité du courant et la surface de section de l'électrode.

— L'ion zinc ne diffuse pas; il reste dans la région où il a été introduit; son emploi ne présente donc aucun danger.

— L'ion zinc provoque peu de réaction inflammatoire.

— Les solutions employées sont de 1 0/0.

— Les cas dans lesquels l'ion zinc a remporté des succès sont les suivants :

A. Affections de la peau.

a) **Ulcus rodens de la face et petits néoplasmes de la peau.**

Technique. — Le chlorure de zinc (à 1 ou 2 0/0) est disposé sur une compresse d'épaisseur convenable, recouverte d'une anode de zinc.

Les croûtes sèches, qui s'opposeraient au parcours de l'électricité, et par suite aussi à l'introduction des ions, sont tout d'abord enlevées et le courant est établi progressivement de manière à ce qu'il atteigne une densité de 2 à 3 mA par centimètre carré d'électrode.

Afin de bien limiter l'action du chlorure de zinc, il est bon de placer une feuille de caoutchouc, dans laquelle on aura eu soin de découper un orifice correspondant à la surface de la néoplasie.

Résultats. — L'influence de l'ion zinc sur l'épithélioma est manifeste : après la séance on voit une modification de la région caractérisée par des zones d'anémie. Les jours suivants, les cercles anémiés se dessèchent, desquamant.

b) **Lupus (variété non exedens).**

La solution employée est du sulfate de zinc à 2 0/0.

Technique. — L'ionisation sera précédée d'une friction des points lésés avec une solution de potasse, afin de bien dénuder de leur épiderme les nodules lupiques.

On fera agir le courant pendant 10 à 20 minutes, à une intensité de 10 à 20 mA.

Séance : Tous les quinze jours.

Résultats. — Les nodules traités perdent leur apparence sucre d'orge et se confondent avec le reste de la peau traitée. Au bout de quelques jours, ils commencent à se résorber, parfois ils s'éliminent et laissent une cicatrice lisse.

Si les résultats sont parfois minimes, c'est à la présence d'une grande quantité de cellules graisseuses dans les tubercules bacillaires (rendus ainsi non électrolytiques) qu'il faut s'en prendre.

c) **Ulcérations tuberculeuses, adénopathies bacillaires ouvertes, gommés tuberculeuses ouvertes.**

Technique. — Les applications doivent être faites après avoir garni avec soin le fond, les bords décol-

lés, les anfractuosités de la plaie, de mèches d'ouate hydrophile imbibées de la solution de chlorure de zinc à 2 0/0 ou de sulfate de zinc au même taux.

Les applications sont faites pendant dix minutes, deux fois par semaine, en utilisant de faibles courants : 5 mA suffisent.

Résultats. — Dès les premières applications, la surface se modifie, la suppuration cesse, les bourgeons atones sont remplacés par du tissu de granulation de meilleure qualité, l'épiderme des bords végète, les décollements et les anfractuosités se régularisent et se comblent.

La guérison est obtenue après un à deux mois de traitement.

a) Sycosis.

Technique. — Les pustules doivent être ouvertes avant de faire l'application. L'intensité pour 10 centimètres carrés est de 10 à 20 mA, et la durée de l'application de 15 à 20 minutes.

Une séance tous les 2 jours.

Résultats. — L'ionisation exerce une influence très favorable, puisque l'infection sycosique est presque exclusivement glandulaire et que les glandes sont les chemins ouverts au transport des ions.

e) Folliculites.

La technique est la même que pour le sycosis et les résultats aussi favorables.

f) Trichophyties des régions glabres.

g) Teignes du cuir chevelu, Pelades (surtout la pelade en aires de Bateman).

Comme certains follicules peuvent échapper à la pénétration du zinc par suite de leur replétion par des sécrétions et qu'ainsi le champignon peut y résister indemne et causer des récives, il est bon de faire préalablement des lavages soigneux du cuir chevelu au savon, et de répéter le traitement à de courts intervalles.

On sait qu'à l'aide de l'électrolyse légère de chlorure de zinc la vitalité des tissus est augmentée et qu'on est parvenu, sur un lapin, à activer d'une façon manifeste la repousse des poils. L'ionisation à l'ion zinc trouve ainsi son application.

L'intensité est de 15 mA pendant trente minutes.

Les poils repoussés sont tout d'abord blancs, puis reprennent leur couleur normale.

h) Infections localisées : Abscesses, Furoncles, Anthrax, furunculose.

Technique. — On fait usage d'une électrode imprégnée de sulfate de zinc à 1/200. L'intensité est de 20 mA.

Durée de la séance : 1/2 heure.

i) Lymphangites.

Technique. — Employer une longue anode bien imprégnée de chlorure de zinc à 20/0, le pôle négatif étant fixé au thorax, avec un courant de 40 mA pendant une demi-heure.

Résultat. — Amélioration notable.

j) Verrues.

La technique est la même que celle décrite pour l'ion magnésium (Voir pages 61 et 62).

r) Ulcérations chroniques des jambes. Ulcères de décubitus.

Technique. — Il est nécessaire d'avoir de bons contacts, c'est-à-dire que la solution soit en contact avec toute la surface de l'ulcère.

S'il s'agit, par exemple, d'une ulcération largement ouverte il est suffisant de placer une large épaisseur de tissu hydrophile imbibé par une solution au centième, qu'on relie au pôle positif.

Si la plaie est anfractueuse, s'il y a un trajet, il est bon soit de faire une injection de chlorure de zinc, soit d'entourer une tige de zinc de coton.

Le pôle négatif se trouve toujours placé dans une région indifférente.

L'intensité doit être de 2 1/2 mA par centimètre carré et les séances longues, pour permettre à l'ion zinc de pénétrer convenablement et de dépasser la région malade. Quand on suppose que ce résultat est atteint, il faut s'abstenir de recommencer pendant plusieurs semaines.

B. Affections de l'Appareil digestif.

a) Ulcérations buccales.

b) Pyorrhée alvéolaire.

c) **Colite muqueuse.**

d) **Ulcérations rectales.**

Technique. — On se sert d'une électrode rectale spéciale qui permet de décomposer électrolytiquement une solution de sulfate de zinc à 2 0/0 que l'on injecte d'une façon continue pendant toute la durée de l'application.

e) **Fissures anales.**

Technique. — On se sert d'une baguette de zinc enveloppée dans une compresse humectée de chlorure de zinc et appliquée soigneusement à l'aide d'un spéculum avec courant de 15 mA pendant 12 minutes.

f) **Fistules anales** (borgne surtout).

Technique. — Par l'introduction de sondes molles, on détermine d'abord le calibre de la fistule, puis on façonne, au diamètre voulu, une sonde électrolytique spéciale en se servant d'un fil de zinc, simple ou torsadé suivant dimension, qu'on recouvre de fil à coudre enroulé. Le tout est recouvert, par plusieurs immersions, d'une couche de gélatine salée qu'on insensibilise ensuite au formol.

Cette sonde réunie au pôle positif, on fait passer un courant faible mais prolongé, et l'on répète l'application plusieurs fois, en laissant, après chaque séance, dans la fistule, une mèche imprégnée de chlorure de zinc.

Un procédé semblable est applicable aux trajets fistuleux divers et en particulier à ceux de la joue, consécutifs à l'ostéomyélite du maxillaire.

C. Affections Gynécologiques.

a) **Vaginites.**

b) **Leucorrhée.**

c) **Métrorragies.**

d) **Métrites chroniques.**

e) **Endométrite** (sans annexites).

Technique. — L'électrode active est en zinc et doit être cylindrique.

On utilise les deux pôles : d'abord le pôle négatif qui est résolutif et antispasmodique, puis une fois dans la plaie on renverse lentement le courant pour produire les phénomènes d'ionisation.

Pendant le passage du courant, l'ion Na^+ est attiré par le pôle négatif et tend à pénétrer dans la profon-

—
deur utérine. L'ion Cl^- entraîné vers le Zn^+ , qui est inattaquable, est transformé en ZnCl_2 , qui est lui-même dissocié comme l'a été NaCl , en Zn qui suit le sort de Na et gagne la muqueuse, et Cl^- qui continue à dissoudre la tige métallique et à donner ainsi naissance à des ions Zn .

On introduit ainsi pendant chaque séance 4.5 à 10 milligrammes d'ions; au bout de quelques jours l'utérus est saturé de quelques centigrammes d'ions Zn .

Les résultats sont heureux.

D. Affections des Voies urinaires.

Urétrite chronique.

Technique. — On fait un lavage de l'urètre avec une solution de chlorure de zinc à 1 ou 2 pour mille.

L'électrode indifférente est fixée sur la région dorsale inférieure, un fil de zinc monté sur l'anode de l'appareil galvanique est introduit dans la canule de Janet à travers le tube de caoutchouc; après un lavage d'un demi-litre, on fixe la pression de manière à ce que l'urètre soit dilaté par le liquide et on introduit progressivement le courant jusqu'à 5 mA.

La durée de l'application est de 5 minutes.

La séance peut être répétée tous les 2 jours.

— On peut aussi employer une baguette de zinc enveloppée avec une gaze fine, humectée elle-même d'une solution de sulfate de zinc à 2 0/0. Le cathéter de zinc est introduit au moyen d'une sonde creuse, laquelle est retirée ensuite, et cela après nettoyage préalable du canal avec de l'eau boriquée.

On fait passer un courant de 2 mA pendant 10 minutes.

Les résultats sont favorables.

E. Affections diverses.

a) Ulcérations nasales.

b) Sinusites.

c) Catarrhe purulent de la caisse du tympan.

Technique. — On introduit dans le conduit auditif une électrode positive imprégnée de chlorure de zinc à 1 0/0 et une cathode indifférente dans la caisse.

d) Ulcérations de la cornée.

e) Kératite purulente.





ION CHLORE

L'ion chlore possède une action sclérolitique dans les résidus des processus inflammatoires de la peau et des articulations, une action de ramollissement sur tous les tissus fibreux et cicatriciels.

L'ion chlore pénètre en effet sous la cathode, se substituant, d'après les lois précitées, aux éléments correspondants des tissus, si bien que, par cette action, tous les sels normaux des tissus finissent par se transformer en chlorures, et cette transformation chimique est accompagnée de modifications importantes des tissus.

En effet, si l'on se rappelle le rôle important joué par la calcification des tissus dans les processus de sclérose; si l'on se rappelle que sous la cathode pénètrent les phosphates et carbonates des métaux alcalino-terreux (insolubles quand ils sont neutres ou basiques) sont solubilisés par les acides (HCl en particulier), si l'on se rappelle que sous la cathode pénètrent les

ions négatifs (Cl) et qu'à l'anode il y a extraction des ions

+ +

positifs (Na, Ca, etc.) de l'organisme, extraction de métaux alcalino-terreux qui sont des facteurs de sclérose, on peut concevoir aisément les succès thérapeutiques de la *sclérolyse ionique*.

Cette action peut être utilisée dans un certain nombre de circonstances. (On se sert en général d'une solution de chlorure de sodium à 2 0/0) :

A. Affections de la peau et des articulations.

a) **Cicatrices après brûlures graves.**

b) **Cicatrices opératoires.**

c) **Cicatrices vicieuses.**

Les heureux résultats obtenus par la galvanisation avec ionisation dans les adhérences cicatricielles s'expliqueraient par la propriété que possède le tissu cicatriciel de se polariser plus énergiquement que les autres tissus de l'organisme. Les ions qui interviendraient dans cette polarisation seraient d'ailleurs forcément ceux des électrolytes de la lymphe et des liquides interstitiels.

d) **Chéloïdes.**

e) **Nodosités d'Heberden.**

f) **Contractures de Dupuytren.**

g) **Camptodactylie de Bouchard.**

h) **Ankyloses articulaires, d'origines diverses.**

Technique. — La cathode imprégnée de la solution salée recouvre largement l'articulation que l'on veut traiter, la position de l'anode étant choisie pour assurer à la lésion le maximum de densité électrique : les deux plaques doivent en définitive ensermer le plus possible l'articulation malade.

L'intensité sera de 40 à 50 mA, la durée de trente minutes à une heure, les séances trois fois par semaine.

Résultats. — Ce sont surtout les articulations superficielles qui bénéficient le plus de la méthode.

Il semble, de plus, qu'au point de vue de la facilité et de la rapidité de la résolution, les ankyloses peuvent être classées de la manière suivante :

Ankyloses post-traumatiques;

Ankyloses post-infectieuses;

Ankyloses post-rhumatismales.

Depuis longtemps on a insisté sur les bénéfices que procure l'ion chlore dans le traitement des :

B. Affections de l'Appareil respiratoire.

a) Pleurites douloureuses.

b) Pleurésie sèche avec frottements.

c) Symphyse pleurale et scoliose consécutive à la symphyse pleurale (Leduc).

Technique. — Dans ce dernier cas, le traitement consiste à faire tremper les pieds du malade dans un bain d'eau salée qui sert de pôle positif, le pôle négatif étant constitué par une grande compresse d'eau salée à 2 à 3 0/0 que l'on applique sur le thorax. Le courant est amené progressivement et lentement à une intensité voisine de 100 mA. On le laisse passer pendant une heure environ.

L'ordonnance des séances se répartit de la manière suivante :

Pendant le premier mois, deux séances par semaine;

Pendant le deuxième mois, une séance par semaine;

Pendant le troisième et les mois suivants, deux séances par mois.

Résultats. — Augmentation progressive de l'amplitude des mouvements respiratoires.

Diminution de l'obscurité radioscopique.

Amélioration de l'état général.

Et si le traitement est institué assez tôt on peut éviter la sclérose et le port des corsets orthopédiques.

Rappelons encore les applications sclérolytiques de l'ion chlore, dirigées contre les affections suivantes :

a) Scléroses spinales.

Le tissu fibreux qui comprime les éléments nerveux tendrait à disparaître.

b) Sclérites et Episclérites (rhumatismales.)

c) Iritis chronique avec adhérences.

Technique. — Le pôle positif est appliqué à un endroit quelconque du corps et y est maintenu solidement fixé; le pôle négatif est constitué par un tampon matelassé par plusieurs épaisseurs de coton hydrophile imprégné d'une solution de NaCl.

L'application est maintenue pendant un quart

d'heure sur la paupière fermée. Le courant est élevée progressivement à une intensité qui dépasse rarement 5 à 6 mA; le nombre des séances est de 2 à 3 par semaine.

Résultats. — Disparition de la douleur, atténuation rapide des bourgeons saillants de vascularisation de la sclérotique.

d) **Scléroses de l'oreille.**

Otites adhésives d'origine naso-pharyngienne.

Otites cicatricielles (séquelles d'anciennes suppurations).

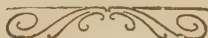
Technique. — On met dans le dos du malade une électrode spongieuse puis on le fait étendre sur une chaise longue, la tête tournée de côté. A l'aide d'une pipette, on verse alors dans l'oreille malade 1 à 2 centimètres cubes de chlorure de sodium à 1 ou 2 0/0. (L'iodure de potassium, le nitrate de pilocarpine ont été aussi utilisés.)

On prend une électrode auriculaire de Roumaillac que l'on entoure d'une couche d'ouate retenue par quelques tours de fil et on l'introduit dans l'oreille, pleine de la solution, en lui faisant exécuter un lent mouvement de vrille : il faut pour l'introduire facilement porter le pavillon de l'oreille en haut et le tragus en avant.

On réunit ensuite le pôle négatif à l'électrode auriculaire et on amène *très lentement* l'intensité à 2 ou 3 mA.

Les séances sont de 15 minutes, trois fois par semaine.

Les *Résultats* sont satisfaisants. 20 à 30 séances, sont parfois nécessaires pour obtenir la guérison ou du moins une très notable amélioration.





ION IODE

L'iode à l'état d'ion ne possède pas les mêmes propriétés physiques et chimiques que l'iode à l'état d'élément : l'ion iode est incolore, les nombreux ions iode que renferme une solution d'un iodure alcalin ne feront pas prendre à l'empois d'amidon la coloration bleu-violet caractéristique que lui donne l'iode-élément.

— Ce sont les iodures alcalins qui ont surtout été employés : l'iodure de potassium ou de sodium. Ce dernier est moins caustique et mieux supporté que le premier.

Le courant galvanique dédouble l'iodure de potassium (KI) en un ion positif K et un ion négatif I qui constitue l'ion iode. Cet ion iode négatif pénétrera dans l'organisme comme tous les radicaux acides, sous l'électrode négative. C'est donc l'électrode négative qui sera l'électrode active.

— L'introduction de l'ion iode s'accompagne d'une légère cuisson. Quand les électrodes ne sont pas bien serrées et que leur pression n'est pas uniforme on peut occasionner des brûlures. Sa causticité est plus considérable que celle du chlore, d'où la précaution de modérer la quantité de substance introduite, c'est-à-dire d'opérer à faible intensité et en applications courtes.

— Les solutions à employer sont de 1 à 3 0/0.

— Grâce à son action *sclérolysante*, analogue à celle du chlore, on obtient par l'introduction électrolytique de l'iode de bons résultats dans le traitement des :

A. Affections de la peau et des articulations.

a) Vitiligo.

b) Pityriasis versicolor.

c) Actinomycose.

d) Sclerodermie.

e) Scléroses superficielles (tissus cicatriciels).

Technique. — On a conseillé l'emploi d'une électrode en étain garnie d'amiante filamenteuse recouverte de toile d'amiante : l'amiante étant complètement inerte au point de vue électrique n'amène l'introduction d'aucun ion étranger.

On se servira d'une solution au 1/10 de KI que l'on étendra de 10 fois son volume d'eau distillée.

L'intensité sera de 10 mA : ne pas dépasser une densité de courant de 0.5 à 1 mA par cm² d'électrode.

La durée de l'application sera d'une demi-heure.

Résultats. — Décollement, assouplissement et décoloration avec action sur les contractures hystériques ou réflexes.

f) Scléroses articulaires.

Technique. — Les séances doivent avoir une longue durée (30 à 60 minutes), les électrodes une grande surface (100 à 300 cm²) et le courant une forte intensité, limitée seulement par la tolérance du malade et devant, en tous cas, atteindre, pour être efficace, une moyenne de 60 à 80 mA.

Résultats. — Ils sont d'autant plus rapides et complets que ce traitement est appliqué plus près du début des accidents, pendant la période de formation du tissu fibreux.

g) Rhumatisme blennorrhagique.

h) Plaies des jambes, indépendantes ou consécutives à des varices.

B. Affections du Système musculaire.

a) Rhumatisme musculaire.

b) Lumbago.

C. Affections des Ganglions.

a) Adénites tuberculeuses.

MM. Creuzé et A. Grimberg ont surtout employé l'iode de sodium à 1 0/0. La durée du traitement est longue, les résultats très favorables; le tissu fibreux periganglionnaire disparaît d'abord, les ganglions s'isolent de leur gangue fibreuse, et diminuent progressivement de dimensions.

b) Adénites cervicales chroniques.

D. Affections du Corps thyroïde,

a) Goître.

Technique. — L'électrode indifférente est reliée au pôle positif de la source galvanique; elle est placée dans le dos, au-dessus de la nuque.

L'électrode active imprégnée de la solution d'iode de potassium est reliée au *pôle négatif* : elle est hémicylindrique, soigneusement capitonnée avec un sachet électrode et appliqué sur le goître. Cette électrode, qui affecte la forme d'un rectangle allongé à 50 à 60 centimètres carrés de surface recouvre le lobe médian et les lobes latéraux du corps thyroïde.

L'intensité du courant est de 20 à 40 mA.

La durée des séances est de 20 à 25 minutes.

Les séances sont de trois par semaine.

La durée totale du traitement est de 2 à 3 mois, avec des interruptions d'un mois après douze séances.

Les *résultats* sont très favorables.

b) Goître exophtalmique.

La technique opératoire est la même que dans le goître simple et les résultats aussi favorables.

E. Affections Pelviennes.

Inflammation des trompes, des ovaires, du tissu cellulaire (sans suppuration).

Technique. — Si l'affection est subaiguë, commencer par la solution d'iode qui imbibera l'électrode active, constituée par du charbon.

Si l'affection est chronique, user d'un mélange de KI à 2 0/0 et de 0,2 0/0 de teinture d'iode.

F. Affections diverses.

- a) Névralgie intercostale.
- b) Adiposité localisée.
- c) Scléroses de l'oreille (otites adhésives et cicatricielles.)
- d) Sclérites et Epislérites.
- e) Caries du 4^e degré.
- f) Kystes radiculo-dentaires.





ION LITHIUM

C'est contre

La Goutte

qu'est ordinairement employé l'ion lithium : il dissout les tophi gouteux et facilite l'élimination de l'acide urique.

L'ion lithium a surtout été employé sous forme de sels : chlorure, carbonate ou citrate de lithine.

Le chlorure de lithine (Cl^-Li) est dédoublé par le courant galvanique en un ion négatif Cl^- et en un ion positif Li qui constitue l'ion lithium. Cet ion lithium positif pénétrera dans l'organisme comme tous les métaux, sous l'électrode positive. C'est donc l'électrode positive qui sera l'électrode active.

La quantité de lithium que l'on peut introduire n'est pas négligeable. Si l'on traite une main pendant une heure par un courant de 20 mA, on introduit 5 milligrammes de lithium, soit 10 fois moins que par la bouche; mais cette substance est distribuée dans un poids de tissus qui est environ le centième du poids du corps, la dose locale est décuple.

De plus, un équivalent de lithium déplace un équivalent d'acide urique. Or, on peut très facilement introduire 15 milligrammes qui solubiliseront 350 milligrammes d'acide urique, c'est-à-dire à peu près la quantité qu'un sujet sain élimine en vingt-quatre heures.

— L'ion lithium, surtout à des doses supérieures à celles employées en thérapeutique, peut être douloureux et provoquer autour des orifices glandulaires une couronne de purpura typique qui mettra plusieurs se-

maines à disparaître. Son introduction s'accompagne en général de fourmillements.

— Le titre de la solution n'a que peu d'importance pratique.

— On opère de la façon suivante :

Technique. — Un pediluve ou un maniluve, suivant le cas, est rempli d'une solution tiède de chlorure de lithium ainsi constituée :

Chlorure de lithium.....	20 grammes.
Eau distillée	1.000 grammes.
Lithine caustique	q. s. pour alcaliniser.

On place dans ce bain une lame de charbon reliée au pôle *positif* d'une source de courant galvanique.

Le membre malade est immergé dans le bain, et une très large électrode spongieuse *négative* est appliquée sur un point quelconque de l'organisme (dos, abdomen).

On élève lentement l'intensité du courant jusqu'à 150 et même 200 mA et on la maintient à ce taux pendant 20 à 30 minutes.

Dès que le courant passe, l'ion lithium pénètre dans les tissus. Il se forme un urate de lithium beaucoup plus soluble que les sels correspondants de calcium ou de sodium, qui est éliminé par les urines.

Les séances doivent être répétées tous les 2 jours; leur nombre, très variable, va de 5 à 25.

Résultats. — Les douleurs sont rapidement soulagées, les tophi diminuent et l'état général s'améliore rapidement.

Malgré les succès du lithium, son emploi a été un peu délaissé ces temps derniers.

Michaut (de Dijon) remarque que cet abandon s'explique par la minime quantité de métal introduit, en raison de la faiblesse du poids atomique du lithium et il a cherché un autre dissolvant de l'acide urique de poids moléculaire considérable; son choix s'est arrêté sur l'acide thyminique qu'il fait pénétrer à la cathode au moyen d'un courant de 15 mA pendant 40 minutes; le sel utilisé sur l'électrode est alors le thyminate de sodium.

Les résultats sont parfaits.



ION MAGNESIUM

L'ion magnésium est surtout employé contre les

Verrues (multiples).

sur lesquelles il semble exercer une action pour ainsi dire spécifique.

— C'est son sel : le sulfate de magnésium (Sel d'Epsom) qui est utilisé.

Le sulfate de magnésium (So^+Mg) est dédoublé par le courant galvanique en un ion négatif SO^- et en un ion positif Mg qui constitue l'ion magnésium. Cet ion magnésium pénétrera dans l'organisme comme tous les métaux, sous l'électrode positive. C'est donc l'électrode positive qui sera l'électrode active.

— L'ion magnésium peut congestionner les orifices glandulaires et provoquer un aspect piqueté de la région; en général, il ne donne que difficilement des lésions appréciables.

— Le titre de la solution est de 2 à 3 0/0.

— On opère ainsi qu'il suit :

Technique. — On place d'abord en un point quelconque du corps une cathode spongieuse, puis on découpe dans du taffetas imperméable ou de la gutta-percha autant de petites fenêtres qu'il y a de verrues. Cette plaque isolante perforée est appliquée sur la peau. On la recouvre avec une électrode spongieuse doublée d'un sachet-électrode imbibé de la solution suivante :

Sulfate de magnésium	3 grammes.
Eau distillée	100 grammes.

On fait passer alors le courant dont on élève l'in-

tensité à 4, 5, 6, 8 milliampères, suivant le nombre de verrues que l'on traite.

La durée de l'application est de 15 minutes.

Les séances sont hebdomadaires.

Les *résultats* sont brillants; après une à deux séances, on voit disparaître en quinze jours des verrues qui avaient résisté à tout traitement.

Si l'on a à traiter des verrues dures, cornées, il faut les faire baigner dans l'eau chaude pendant trente minutes avant l'application et enlever la couche cornée superficielle avec un scalpel avant de faire passer le courant.

L'ion magnésium a été conseillé dans le traitement de :

— **Tics musculaires.**

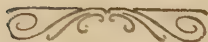
sur lesquels il exerce une action antispasmodique.

— **Epilepsie.**

dont il calme les crises.

— **Tabès.**

Dans ces deux derniers cas, les électrodes doivent être placées le long de la colonne vertébrale : l'anode sur les premières vertèbres dorsales, la cathode dans la région lombaire.





ION ARGENT

Son emploi semble réservé au traitement des

Affections blennorragiques.

L'avantage qu'il présente est d'abréger la durée des soins en portant l'argent non seulement à la surface de la muqueuse mais dans les couches histologiques sous-jacentes, et cela dans toute l'étendue de l'urètre alors que, dans les instillations on ne connaît pas très exactement la topographie des points lésés et qu'on peut ne pas les traiter d'une façon efficace.

L'action résolutive et trophique du courant s'adjoint d'ailleurs à l'action spéciale de l'ion argent.

Technique. — On se sert d'une sonde spéciale, que l'on imprègne d'une solution d'azotate d'argent à 1 0/0 et que l'on introduit jusqu'au col vésical.

Cette électrode doit être réunie au pôle positif.

On établit un courant de 10 mA environ, prolongé quelquefois une heure entière.

Résultats. — Disparition des gonocoques dans le pus. L'affection évolue ensuite vers l'urétrite simple, qui disparaît en quelques semaines.

On a encore employé l'ion argent dans le traitement des :

Endométrites.

comme antiseptique local.

de la

Colite muqueuse.

Solution de nitrate d'argent à 1 0/0.



ION CUIVRE

Ses applications sont à peu près les mêmes que celles de l'ion zinc; les résultats sont moins heureux.

On utilise le chlorure ou le sulfate de cuivre à 1 0/0 au pôle positif; la main du sujet étant le siège de la cathode.





ION MERCURE

Indépendamment de son emploi combiné à celui du zinc dans le traitement de l'épithélioma, le mercure a été utilisé dans le traitement des

Tuberculoses externes (osseuses).

La *technique* diffère suivant l'étendue des foyers.

S'il s'agit d'un foyer très réduit, on fait dans son voisinage une injection d'un demi-centimètre cube de calomel délayé dans de l'eau à la dose de 1 0/0. Cette matière insoluble forme ainsi un dépôt sous-cutané et l'on dispose au-dessus une anode mouillée. La pénétration de l'ion voulu s'effectue alors par le point d'injection et l'ion évite ainsi la résistance même de la peau. Le dépôt de sel mercurieux peut d'ailleurs suffire à plusieurs applications successives.

Si le foyer à atteindre a une plus grande étendue, on fait usage d'une solution de sublimé à 1 ou 2 0/0, pour imbiber la compresse anodique disposée au niveau du foyer; la cathode placée d'une manière opposée par rapport à la région que l'on veut traiter, est simplement constituée par une serviette trempée dans une solution de NaCl.

Résultats. — Diminution de la douleur et du gonflement. Augmentation de la mobilité.





ION RADIUM

On a d'abord employé le radium sous forme de boues radio-actives, que l'on a placées à l'anode.

La pénétration diadermique des substances radio-actives sous l'influence du courant est supérieure à celle qui résulte d'applications simples de boues sur les téguments. La profondeur de cette pénétration est indépendante de la circulation sanguine. Le radium persiste dans les tissus, d'où la possibilité d'additionner les doses, et cela sans exercer d'action nocive sur le sujet.

Les affections justiciables de ce traitement sont celles pour lesquelles on a recours aux rayons X ou aux applications de radium lui-même :

- a) **Adénopathies.**
- b) **Maladie de Basedow.**
- c) **Localisations bacillaires diverses.**
- d) **Arthrites.**
- e) **Chéloïdes douloureuses.**

On a obtenu de bons résultats dans le traitement d'autres affections :

- a) **Goutte.**
- b) **Rhumatisme chronique.**
- c) **Angiome (de la lèvre supérieure).**
- d) **Sarcome (de l'omoplate).**
- e) **Cancer (du sein : récidive).**

f) Névralgie.

g) Métrite du col.

h) Fibrome.

Technique. — Pour l'ionisation de sels radifères dans l'utérus on se sert d'une électrode ordinaire d'Apostoli, dont le calibre est assez réduit sur une certaine longueur pour pouvoir admettre une mèche de tissu hydrophile spécial qui porte la solution radio-active. Un mince tube d'argent glisse sur la tige, permet de recouvrir complètement la mèche et l'empêche de se plisser; il est facile de la mettre en contact avec la muqueuse utérine.

Un gros tube d'ébonite sépare du vagin toute la partie de l'électrode inutilisée.

Actuellement on a renoncé à employer les boues actives pour les remplacer par une solution pure d'un sel de radium. On dispose 10 microgrammes de sel sur l'électrode active ou encore 5 microgrammes de bromure de radium dissous dans 50 centimètres cubes d'eau distillée.



ION HYPOSULFUREUX

On emploie l'hyposulfite de sodium à 5 0/0 ($\text{S}^2\text{O}_3\text{Na}^2$) que l'on placera à la cathode.

Lorsqu'on fait passer un courant galvanique à travers une solution d'hyposulfite de soude, on voit se dégager autour du pôle négatif un précipité blanchâtre qui s'étend rapidement et qui est constitué par du soufre. Il se dégage en même temps une petite quantité d'un gaz à odeur sulfureuse. On constate au pôle positif un dégagement gazeux abondant.

La peau supporte très bien cet ion : elle demeure imprégnée pendant quelque temps d'une légère odeur sulfureuse. Sous la plaque d'étain négative il se fait un dépôt jaune de soufre.

Grâce à son action trophique locale très marquée, de bons résultats ont été obtenus dans le traitement des :

- a) **Affections articulaires et périarticulaires subaiguës.**
- b) **Rhumatismes blennorragiques, ankylosants.**
- c) **Rhumatisme chronique sénile.**
- d) **Hydarthrose (traumatique).**
- e) **Sciatique.**

Technique. — On peut imbiber les deux électrodes de la solution. L'intensité du courant est élevée : 50 à 100 mA. La durée des séances est de 20 à 30 minutes. Trois séances par semaine.

Résultats. — Atténuation des douleurs.

Mouvements articulaires plus faciles, accompagnés d'une notable augmentation de soufre éliminé à l'état de sels (sulfate et phénolsulfate), surtout pendant les trois premières heures. L'excrétion des sulfates est un peu plus élevée quand la solution imbibe la plaque positive.

- f) **Pelade.**

ION OXHYDRILE

L'ion oxhydrile (OH) exerce une action comparable à celle du chlore et de l'iode.

Il s'introduit dans les tissus autour des cathodes métalliques et est surtout employé dans les :

a) Rétrécissements de l'urètre.

qu'il ramollit et dilate sans la moindre atteinte de la muqueuse.

Technique. — On applique l'anode sur le ventre; la cathode est constituée par un Beniqué en rapport avec le pôle négatif du générateur de courant.

L'intensité doit être de 5 à 10 mA, la durée de 5-15 minutes. On répète les séances 2 fois par semaine.

Pour les :

b) Rétrécissements du col utérin.

on se sert d'un hystéromètre métallique, avec un courant d'une intensité de 60 mA.

On a essayé ce traitement dans les :

d) Rétrécissements œsophagiens.

e) Rétrécissements du canal nasal.

f) Rétrécissements de la trompe d'Eustache.

A l'aide d'aiguilles inattaquables réunies au pôle négatif et enfoncées dans les tissus malades, on a encore eu des résultats avantageux dans les affections suivantes :

a) Raideurs articulaires.

b) Ankyloses de l'épaule.

c) Suite d'arthrite gonococcique.

d) Hydarthroses du genou.

e) Arthropathies tabétiques.



ION PHOSPHORIQUE

On l'a employé dans le traitement du :

Tabès

Technique. — L'électrode négative imprégnée d'une solution de phosphate de soude à 2 0/0 est placée à la région lombaire, l'électrode positive, imbibée d'eau salée ou d'une solution de chlorure de calcium est placée au niveau des premières vertèbres dorsales; l'intensité du courant est de 20 à 110 mA.





ION QUININE

L'ion quinine a surtout été utilisé dans les affections suivantes :

a) Lupus érythémateux.

On se sert d'un sel de quinine (le bichlorhydrate) à 2 ou 3 0/0.

Téchnique. — L'électrode est, soit un cylindre de verre creux à pôle de charbon, rempli de la solution à ioniser, soit un tampon d'ouate imbibé de la solution et couvert d'une lame de plomb.

L'intensité du courant est portée aussi haut que le malade peut la supporter : 10 à 20 mA sont ordinairement tolérés avec des électrodes de 6 à 10 centimètres carrés de surface. La durée de l'application est de 10 à 20 minutes.

Il faut avoir soin de changer plusieurs fois la position du tampon et de la lame au cours de l'application.

Résultats. — La nappe lupique disparaît progressivement sur la moitié ou les deux tiers de son étendue.

b) Névralgie faciale.

Le traitement devra être suivi trois mois avant de recourir à la chirurgie.



Bien d'autres ions encore ont été employés ou essayés.
Citons rapidement :

L'ion Calcium,

dans le traitement du *goître*.

L'ion Chrome,

dans les *affections de la langue*.

L'ion Arsenic,

dans quelques *maladies de la peau*.

L'ion Brome,

dans le tic *douloureux de la face* en union avec
l'ion salicylique, le premier pour calmer le
spasme, le second contre la douleur.

L'ion Lactique ou butyrique.

dans le *lupus*.

L'ion Théosulfurique,

dans la *sciaticque*.

L'ion Cocaïne, Pilocarpine, etc...

pour provoquer les actions caractéristiques de
ces substances.





CONCLUSIONS

1° La thérapeutique iono-électrique constitue un mode d'application locale des médicaments, dans lequel le produit employé est à peu près utilisé en entier.

2° Les quantités d'ions médicamenteux pouvant être introduites par ce procédé sont d'une grandeur encore indéterminée.

3° On connaît, à l'heure actuelle, les propriétés d'un très petit nombre de ces ions. Ceux qui ont été les plus étudiés sont les ions : *salicylique, zinc, chlore, iode, lithium, magnésium, argent...*

4° De leurs propriétés diverses : *caustiques, antiseptiques, coagulantes, modificatrices de la sensibilité, de la conductibilité, de la vitalité*, découlent leurs applications thérapeutiques. Celles-ci sont nombreuses et importantes.

5° Nous avons donc dans l'ionisation médicamenteuse un moyen thérapeutique de valeur encore insuffisamment connue, mais qui gagnerait à être plus étudié et plus généralement employé.

Vu : le Président de la thèse,
CHANTEMESSE.

Vu : pour le Doyen :
L'Assesseur,
G. POUCHET.

Vu et permis d'imprimer :
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
L. LIARD.



BIBLIOGRAPHIE

1907-1908

- Albrand. — Mitteilungen über die therapeutische Anwendung der Ionotoporese. — *Ztschr. f. phys. u. diät. Theráp.* Leipz., 1907-08.
- Bruneau de Laborie. — Contribution à l'étude de l'ionisation. — *Clinique* 1908.
- Cirera Salse. — *Annales d'Electrobiologie*, 1908.
- Dawson Turner. — *British Medical Journal*, 4 avril 1908.
- Delherm (L.). — Notions élémentaires sur l'ionisation. — *Arch. gén. d'hydrol.*, 1907.
- Marquès (H.). — Les ions en médecine et l'introduction électrolytique d'un ion médicamenteux. — *Montpellier médical*, 1908.
- Mœris (J.). — Quelques applications thérapeutiques de l'ionothérapie électrique. — *Ann. de méd. phys.*, Amiens, 1907.
- Stephenson (F.T.F.). — Matter in the ionized state. — *J. Mich. Med. Soc.*, Detroit 1908.
- Jones (H.-L.). — The principles of ionic medication. — *Mod. Med.*, Battle Creek, Mich., 1908.
- Doyle. — *Trans. Austral. Med. Congress*, 1908.
- Fenwick. — *British Medical Journal*, 15 août 1908.
- Verney. — *Annales d'Electrobiologie*, 1907.
- Desplats. — *Annales d'Electrobiologie*, 1907.
- Morton (E.-R.). — *Lancet*, 28 mars 1908.

1909

- Cantineau (G.)*. — L'Ionisation et ses applications. — *Journal méd. de Brux.*, 1909.
- Delherm.* — *Arch. des maladies de l'appareil digestif*, sept. 1909.
- Doyle (A.-A.)*. — Ionic medication, its extended application. — *Australas. M. Cong. Tr.*, Victoria, 1909.
- Finzi (N.-S.)*. — Medical ionisation : its uses and possibilities. — *Lancet*, Lond. 1909.
- Macnamara (E.-D.) et Barker (S.)*. — Cases of ionic medication. — *Westminst-Hosp. Rep.*, Lond. 1909.
- Morgenstern (M.)*. — Ionothérapie, Ionotophorese, Kattaphorese und ihre praktischen Erfolge. — *Deutsch. Monatsch. f. Zahnh.*, Berlin 1909.
- Schmitt (C.)*. — La médication électroionique. — *Rev. scient.*, Par. 1909.
- Somerville.* — *British medical journal*, 9 janv. 1909.
- Wullyamoz.* — *Arch. d'Elect. méd.*, octobre 1909.

1910-1911

- Aristide (S.)*. — Valoarea terapeutică a ionoterapiei. — *Spitului, Bucuresti*, 1910.
- Bailey.* — *British Medical Journal*, 27 août 1910.
- Graham Little.* — *Ibid.*, 7 janvier 1911.
- Haret.* — *Soc. d'Electrothérapie*, mai 1911.
- Haret.* — *Bulletin off. de la Soc. d'Electrothérapie*, 1911.
- Izard.* — Ionic medication. — *N. Zealand M.-J.*, Wellington 1910.
- Jones (L.)*. — Les principes de la médication ionique. — *Arch. d'électric. méd.*, Bordeaux-1910.
- Jones (H.-L.)*. — Discussion on ionic medic. and the theory of ions. — *Brit. M. J.*, Lond., 1911.
- Laborderie.* — *Arch. d'Elect. méd.*, mai 1911.

Laborderie. — Ionisation du radium. — *Presse médicale*, 1911.

Leduc (S.). — Ionisation destructive : ses indications ses résultats immédiats ou éloignés. — *Arch. d'électr. méd.*, Bordeaux 1910.

Leduc (S.). — *Journal de physiologie*, Paris 1910.

Lobligeois. — *Progrès médical*, 1911.

Lœb (J.). — Ueber physiologische Ionenwirkungen, insbesondere die Bedeutung der Na, Ca, und K-Ionen. — *Handb. d. Biochem-Jena*, 1910.

Marquès. — *Archives d'Elec. méd.*, 10 décembre 1911.

Marquès et Pappon. — *Arch. d'Elect. méd.*, 1910.

Miller. — *Arch. Int. med.*, 15 février 1911.

Mines (G.-R.). — The action of trivalent ions on the heart and on certain colloidal systems. — *Proc. Physiol. Soc.*, Lond., 1910.

Rebierre. — Thérapeutique hydrominérale locale au moyen de l'ionothérapie électrique. — *Arch. de méd. et de pharm. mil.*, Paris 1911.

Roy. — The therapeutic value of ions. — *Wash. M. Ann.*, 1909-10.

Stopford Taylor and Mackenna. — *Liverpool Medico-Chirurgical Journal*, janvier 1911.

Steffens (P.). — Ueber Anion Behandlung. — *Therap. Monatsh.*, Berlin 1911.

Traquair. — *Ophtalmic Review*, janvier 1911.

Wullyamöz. — *Arch. d'Elect. méd.*, mai 1910.

Zahn (E.). — Experimentelle und Klinische Erfahrungen mit der Ionotherapie. — *Klin-Monatsbl. f. Angenh.*, Stuttg. 1910.

1912-1913

Bordoni (L.). — Le ionizzazioni medicamentose con le doppie correnti. — *Idrol. e climat.*, Firenze, 1913.

Boyd (C.). — Adress; ionization or cataphoresis. — *Med. Mag.*, Lond., 1912.

- Brosch (A.).* — Die Bedeutung der Ionen Wertigkeit für die Therapie. — *Ztschr. f. Balneol, Klimat.*, Berlin 1912.
- Cirera-Salse.* — Les Ions et l'Electrolyse medicamentouse. — *Annales d'Electrobiologie et de Radiologie*, 1913.
- Cumbertach (E.-P.).* — Ionic medication. — *Clin. J.*, 1913-14.
- Eiselt (R.).* — Erfolge der Aniontotherapie und Stoffwechselungen während derselben. — *Klin, therap. Wchnschr.*, Berlin 1913.
- Ellis (L.-E.).* — Ionic medication. — *South African M. Rec.*, Cape Town 1913.
- Finzi (N.-S.).* — Some experiments with ionic medication. — *M. Rec.*, Cape Town 1913.
- Frankenhauser.* — Sur l'état actuel de l'ionophorèse. — *Arch. d'électr. méd.*, Bordeaux 1913.
- Godlewsky (E.).* — Ionisation medicamentouse. — *Bull. et mém. Soc. de méd. de Vaucluse*, Avignon 1913.
- Grabbey (P.).* — Die Bedeutung der Ionen als therapeutische und klimatische Faktoren. *Med Klin.*, Berlin 1913.
- Hugo (D. de V.).* — Ionic medication. — *South African M. Rec.*, Cape Town 1913.
- Jones (H.-L.).* — Ionic medication. — *Arch. Roëntg. Ray*, Lond. 1912-1913. — *Annales d'Electrobiologie et de Radiologie*, 1913.
- Leduc (S.).* — *Medical Annual*, 1912.
- Luzenberger.* — Sur l'ionisation medicamentouse. — *Ann. d'Electrob. et de Radiol.*, 1913.
- Nallapa (J.-S.).* — Ionic méd. — *Hosp. Assistant, Kohhapur* 1913.
- Nallapa (J.-S.).* — Ionic méd. — *Hosp. Assistant, Kolhariddell.* — *Glasgow medical Journal*, fév. 1912.
- Schnée (A.).* — Beitrag zur Anionen-Behandlung nach Dr. Paul Steffens. — *Deutsch. med. Wochnschr.*, Leipzig u. Berl. 1913.

- Sloan* (S.). — Recherches physiques sur la médication ionique. — *Arch. d'Electr.* 1912.
- Stocker* (F.). — Erfahrungen mit Iontophorese. — *Corresp. Blat. f. Schweiz. Aertzte*, Basel 1913.
- Taylor* (G.-G.-S.) et *Mackena* (R.-W.). — Ionic medication — *Liverp. Med-Chir. J.*, 1913.
- Sarazin* (C.). — L'ionisation et l'introduction électrolytique des médicaments. — *Ann. d'Electrob. et de radiologie*, 1913.

1914-1916

- Bordoni* (L.). — *Idrol e climat.*, Firenze 1914.
- Dennis* (C.-E.). — Ionic medication. — *Med. J. Australia*, Sydney 1915.
- Ellis* (L.-E.). — *Med. J.-S. Africa*, Johannesburg. 1914. — *Arch. Roentgen-Ray*, Lond., 1914-15.
- Hugo* (D. de V.). — Ionic medic. — *Med. J.-S. Africa*, Johannesburg. 1914-15.
- Kendall* (J.). — Ionization equilibrium. — *J. Phys. Chem. Ithaca* 1915.
- Şchütz* (J.). — Pharmakologische Untersuchungen über das Ma und Ca-Ion. — *Ztschr. f. Balneal., Klimat, etc...*, Berl. u Wien, 1915-1916.
- Sibley* (W.-K.). — Discussion on the electrical treatment of wounds and sinuses by ionization. — *Arch. Röntg. Ray.*, Lond. 1915-16.



INDEX ALPHABÉTIQUE

	Pages		Pages
Abcès	47	Folliculites	46
Actinomycose	56	Furoncles et Furonculose	47
Adénites	45, 57, 66		
Adipose douloureuse.	41	Goître	57, 72
Adiposité localisée.	58	Goître exophtalmique	57, 66
Angiome.	66	Gommes tuberculeuses.	45
Ankyloses articulaires	52, 56, 59	Goutte	41, 59, 66
Anthrax	47		
		Hémiplégie	43
Basedow (maladie de)	66	Hydarthrose	68, 69
Blennorrhagie	42, 56, 63, 68		
		Iritis chronique	53
Camptodactylie	52		
Cancer.	66	Kératite purulente.	50
Caries dentaires	58	Kystes radiculo-dentaires	58
Catarrhe de la caisse du tympan	50		
Céphalée spécifique	12	Langue (Affections de la)	72
Chéloïdes	52, 66	Leucorrhée	48
Cicatrices	52, 56	Lumbago.	41, 56
Colite muqueuse.	48, 63	Lupus	45, 71, 72
Contractures.	52	Lymphangites	48
Endométrite	48, 63	Métrites.	48, 67
Epilepsie	62	Métrorragies.	48
Episclérites.	43, 53, 58	Myalgies	41, 56
Fibrome.	67	Néoplasmes de la face.	45
Fissures anales	48	Névralgies.	40, 41, 58, 67
Fistules anales.	48	Névrites	40, 41, 71
		Neurasthénie	42

	Pages		Pages
Nodosités d'Heberden . . .	52	Spondylite déformante. . .	41
Oreilles (Scléroses des). 54,	58	Sycosis	46
Otitis	54, 58	Symphyse pleurale	53
Ovaires (Inflammation des)	57	Synovites	41
Paralysie faciale.	41	Tabès.	62, 69, 70
Peau (Maladies de la) . . .	72	Teignes	46
Pelade	46, 68	Tic douloureux de la face 40,	72
Pityriasis versicolor	56	Tics musculaires.	62
Plaies	41, 55	Trichophyties	46
Pleurites.	53	Trompes (Inflammation des)	57
Pleurésie sèche	53	Tuberculoses externes. . .	65
Pyorrhée alvéolaire	47	Ulcérations buccales. . . .	47
Raideurs articulaires. . . .	69	— de la cornée.	50
Rhumatismes . . . 41, 56, 66,	68	— de décubitus.	47
Rétrécissements.	69	— des jambes.	47
Sarcome.	66	— nasales	50
Sciatique.	41, 68, 72	— rectales	48
Sclérites	53, 58	— tuberculeuses	45
Sclérodermie	56	Ulcus rodens.	45
Scléroses articulaires	56	Urétrite	49
Scléroses spinales	53	Vaginites.	48
Scléroses superficielles. . .	56	Verrues	47, 61
Sinusites.	50	Vitiligo	56





TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	11
------------------------	----

PREMIÈRE PARTIE

I. Théorie des Ions	17
II. Mécanisme de l'introduction électrolytique des Ions	22
III. Historique	26
IV. Matériel et Technique	29
a) Matériel électrique et accessoires.	29
b) Technique générale	34

DEUXIÈME PARTIE

I. Revue générale des Ions :	
Ion salicylique	39
— zinc	44
— chlore.	51
— iode.	55
— lithium	59
— magnésium	61
— argent	63
— cuivre.	64
— mercure	65
— radium	66
— hyposulfureux	68
— oxydrique	69
— phosphorique	70
— quinine	71
II. Conclusions	73
III. Bibliographie	75
IV. Index alphabétique	81

° ° ° PARIS ° ° °

Lang, Blanchong et C^{ie}

° 7, Rue Rochechouart °